

537,054

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)

PCT

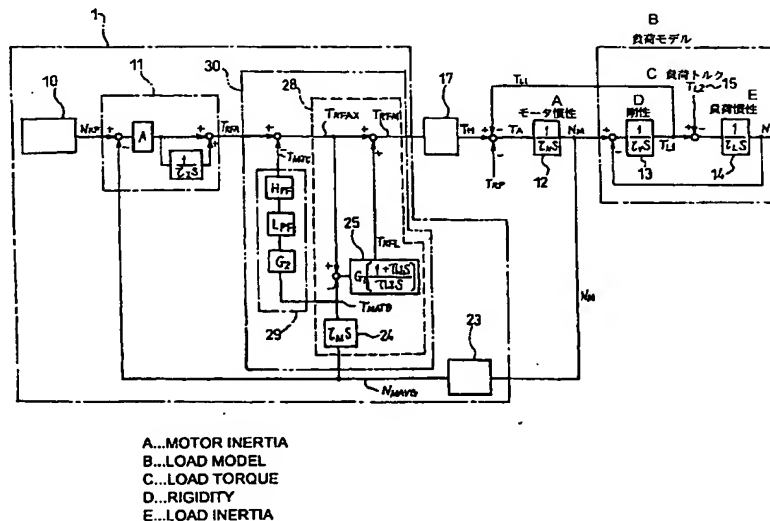
(10) 国際公開番号  
WO 2004/051838 A1

- (51) 国際特許分類: H02P 5/00 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴田 尚武 (SHI-BATA, Naotake) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市 八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 園田 敬介 (SONODA, Kelsuke) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市 八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 池口 将男 (IKEGUCHI, Masao) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市 八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 唐仁原 博孝 (TOJINBARA, Hirotaka) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市 八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015024
- (22) 国際出願日: 2003 年 11 月 25 日 (25.11.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-349879 2002 年 12 月 2 日 (02.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市 八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 小栗 昌平, 外 (OGURI, Shohei et al.); 〒107-6028 東京都 港区 赤坂一丁目 12 番 3 2 号 アーク森ビル 2 8 階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, DE, GB, US.

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING SUPPRESSION OF TORSIONAL VIBRATION IN MOTOR SPEED CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法および装置



(57) Abstract: A torsional vibration suppression device comprising a torsional vibration suppression control unit and an inertia control unit for suppressing even feeble vibration. The device has an inertia control means (29) for differentiating a motor average rotational speed signal  $N_{MAVG}$ , multiplying the thus obtained signal by an inertia time constant  $T_M$  of a motor unit, calculating an inertia control signal  $T_{MIC}$  from the product of the multiplication, i.e., a motor acceleration torque signal  $T_{MAFB}$ , and outputting the signal  $T_{MIC}$ , a motor acceleration torque control means (28) for subtracting the inertial control signal  $T_{MIC}$  from a torque command signal  $T_{RFA}$ , generating a differential signal representing the differential between the remainder, i.e., a signal  $T_{RFA}$  and the motor acceleration torque signal  $T_{MAFB}$ , and calculating a torque compensation signal  $T_{RFL}$  from the differential signal, and a motor torque control means for controlling the current of the motor so that the motor torque may be the one in compliance with a torque command  $T_{RFM}$  that is the sum of the torque command signal  $T_{RFA}$  and the torque command compensation signal  $T_{RFL}$ .

[続葉有]

WO 2004/051838 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 本発明の課題は、ねじり振動抑制制御部に更に微弱振動も抑制できる慣性制御部を備えたねじり振動抑制装置を提供する。本発明は、電動機平均速度信号 $N_{MAVG}$ を微分した信号に電動機部の慣性時定数 $\tau_M$ を乗じた電動機加速トルク信号 $T_{MAFB}$ から慣性制御信号 $T_{MJC}$ を演算出力する慣性制御手段(29)と、トルク指令信号 $T_{RFA}$ から $T_{MJC}$ を減じた信号 $T_{RFAX}$ と電動機加速トルク信号 $T_{MAFB}$ との偏差信号からトルク指令補償信号 $T_{RFL}$ を演算する電動機加速トルク制御手段(28)と、 $T_{RFA}$ と $T_{RFL}$ との和であるトルク指令 $T_{RFM}$ に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する電動機トルク制御手段とを備えたものである。

## 明 細 書

## 電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法および装置

## 5 &lt;技術分野&gt;

本発明は、共振系を有する 2 慣性系又は多慣性系の駆動系における共振の抑制に関し、詳しくは、電動機の脈動トルクあるいは負荷の周期的な変動によって引き起こされる微弱な振動に対しても十分な抑制効果が得られるように改良された電動機の振動抑制方法と制御装置に関するものである。

10

## &lt;背景技術&gt;

従来の振動抑制方法には、例えば、特許文献 1 に開示の「電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法」等が挙げられる。

図 4 は、一般的な可変速駆動装置の機械図を示すもので、機械 5 には電動機 2  
15 によりねじり剛性率  $K$  ( $\text{Kg m/rad}$ ) の駆動軸 4 を介して回転トルクが伝達されている。可変速度制御装置 1 は、電動機 2 に取付けられた速度検出器 3 により検出した信号を速度帰還信号として電動機 2 の速度を制御している。

以下、従来技術の実施例として、デジタル演算器又はアナログ演算器により構成した、速度制御装置の構成を示すブロックダイアグラムを図 5 に示す。図 5 で  
20 は、平均速度演算器 23 によって電動機駆動軸に取付けた速度検出器 3 (図 4 参照) の信号について一定周期  $t_s$  間の平均値を演算する。この一定周期毎の平均速度の演算方法は、例えば、速度検出器がパルス信号発生器であれば、速度検出器 3 より出力されるパルス信号の周期  $t_s$  間の計数値を  $t_s$  で割ることによって  
 $t_s$  間のパルスの平均周波数として、 $t_s$  間の平均速度を求めることができる。  
25 アナログ式の速度検出器の場合、一定周期  $t_s$  間で速度検出器の信号を  $n$  回読み、これらの信号の合計値の  $1/n$  を、 $t_s$  間の平均速度とすることができる。

この一定周期毎の電動機平均速度を  $N_{\text{MAVG}}$  とし、まず速度制御器 11 の動作

について説明する。

速度指令  $N_{REF}$  と電動機平均速度  $N_{MAVG}$  とその偏差を速度制御器 11 に入力すると、その速度偏差信号に比例ゲイン  $A$  を乗じた信号と、更にその信号を時定数  $\tau_1$  にて積分した信号とを加えた信号をトルク指令信号  $T_{RFA}$  として出力する。速度制御器 11 が比例ゲイン  $A$  のみを持つ場合は、その速度偏差信号に  $A$  を乗じた信号を  $T_{RFA}$  として出力する。

次に、電動機加速トルク演算器 24 の動作について説明する。一定周期毎の電動機平均速度  $N_{MAVG}$  が電動機加速トルク演算器 24 に入力されると、 $N_{MAVG}$  を微分した値に電動機部の慣性時定数  $\tau_M$  を乗じた値の信号  $T_{MAFB}$  を出力する。この信号  $T_{MAFB}$  は電動機の加速トルク信号となる。

次に、電動機加速トルク制御器 25 の動作について説明する。

速度制御器 11 のトルク指令信号  $T_{RFA}$  を電動機の加速トルク指令とし、その指令に対し電動機加速トルク演算器 24 の出力信号  $T_{MAFB}$  を電動機の加速トルク信号として帰還し、その 2 つの信号の偏差を電動機加速トルク制御器 25 に入力すると、その電動機加速トルク制御器 25 は、その 2 つの信号偏差の信号に比例ゲイン  $G_1$  を乗じた信号と、その信号を時定数  $\tau_{L1}$  にて積分して得られた信号を加えた信号  $T_{RFL}$  を出力し、電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  が、速度制御器 11 の出力のトルク指令信号  $T_{RFA}$  に一致するように制御する。

速度制御器 11 の出力のトルク指令信号  $T_{RFA}$  と電動機加速トルク制御器 25 の出力信号  $T_{RFL}$  を加えた信号をトルク指令  $T_{RFM}$  として電動機のトルク制御を行うことにより電動機の加速トルクの外乱となっている負荷トルク  $\tau_{L1}$  に対しては、電動機加速トルク制御器 25 の出力のトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  によって打消す方向に制御される結果、電動機トルク指令信号が、加速中や負荷急変時の駆動軸のねじれによって発生する電動機の外乱トルクを打消す方向に作用して、ねじれ振動が抑制される。

[特許文献 1]

特許第 3 1 7 3 0 0 7 号公報 (第 6 ~ 7 頁、図 1、図 9)

## &lt;発明の開示&gt;

しかしながら、上記従来の技術では、電動機や制御装置によって引き起こされる駆動系の脈動トルクや負荷の周期的な変動トルク等の外乱トルクを推定して、それらの外乱トルクを、打消すように電動機トルクを補償する方法を用いているが、負荷の速度や加速度の周期的な変動や駆動軸トルクの周期的な変動が微弱な場合は、十分な抑制効果が得られていなかった。

このために、負荷の速度や加速度に微弱な周期的な変動の発生も許容されない設備、例えば、エレベータのかごの加速度振動や、印刷機の印刷ロールの周期的な速度変動などには、十分な抑制効果が得られないという問題があった。

そこで、本発明は、負荷の速度や加速度の周期的で微弱な変動や、駆動軸トルクの周期的な微弱な変動をも十分に抑制できる電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法および装置を提供することを目的としている。

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、電動機の負荷側に設けた低ねじり剛性の駆動軸を介して電動機から負荷へ駆動トルクを伝達する機構と、速度指令  $N_{REF}$  に対して速度検出器より検出した電動機速度検出信号について一定周期毎の平均値の演算によって得られた電動機平均速度  $N_{MVG}$  を帰還して偏差信号を演算し、比例ゲイン及び積分器又は比例ゲインのみを持つ速度制御器により前記偏差信号を増幅して得られたトルク指令信号  $T_{RFA}$  に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する制御装置によって構成された電動機速度制御系におけるねじり振動抑制制御方法において、前記速度制御器により出力される前記トルク指令信号  $T_{RFA}$  に対し、前記電動機平均速度信号  $N_{MVG}$  を微分した信号に電動機部の慣性時定数  $\tau_M$  を乗じた信号を電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  として慣性制御器に入力し、前記慣性制御器は前記電動機加速トルク  $T_{MAFB}$  に比例ゲインを乗じた後に、2次又は1次のローパスフィルタと2次又は1次のハイパスフィルタを介して慣性制御信号  $T_{MJC}$  として出力して、前記速度制御器より出力されたトルク指令信号  $T_{RFA}$  より前記慣性制御信号  $T_{MJC}$  を減じた電動機加速トルク指令  $T_{RFAX}$  に対し前記電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  を帰還し、その偏差の信号を比例ゲイン及び積分器にて構成された電動機加速トルク制御器により増幅し得られた

トルク補償信号  $T_{RFL}$  を前記加速トルク指令  $T_{RFAX}$  に加えた信号  $T_{RFM}$  に従った電動機トルクになるように電動機の電流を制御することによって、前記速度制御器により出力されるトルク指令信号  $T_{RFA}$  と前記電動機加速トルク帰還信号  $T_{MAFB}$  が一致するように演算され出力されたトルク補償信号  $T_{RFL}$  により電動機負荷トルクを  
5 打消すように制御すると共に電動機部の慣性を等価的に拡大して制御することを特徴としている。

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 記載の電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法において、前記慣性制御器の比例ゲインを 0 から -1 までの範囲で負の値に設定することにより電動機部の慣性を等価的に縮小して制御すること  
10 を特徴としている。

また、請求項 3 に記載の発明は、電動機速度を検出する速度検出手段と、電動機の負荷側に設けた低ねじり剛性の駆動軸を介して電動機から負荷へ駆動トルクを伝達する機構と、速度指令  $N_{REF}$  に対して速度検出器より検出した電動機速度検出信号について一定周期毎の平均値の演算によって得られた電動機平均速度  
15  $N_{MAVG}$  を帰還して偏差信号を演算し、比例ゲイン及び積分器又は比例ゲインのみを持つ速度制御手段により前記偏差信号を増幅して得られたトルク指令信号  $T_{RFA}$  に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する制御装置とによって構成された電動機制御装置において、前記電動機平均速度信号  $N_{MAVG}$  を微分した信号に電動機部の慣性時定数  $\tau_M$  を乗じた電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  から慣性制御  
20 器によって慣性制御信号  $T_{MJC}$  を演算出力する慣性制御手段と、前記速度制御手段の出力信号であるトルク指令信号  $T_{RFA}$  から前記電動機慣性制御信号  $T_{MJC}$  を減じた信号  $T_{RFAX}$  と前記電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  との偏差信号からトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  を演算する比例ゲイン及び積分器を持つ電動機加速トルク制御手段と、前記速度制御手段の出力信号であるトルク指令信号  $T_{RFA}$  と前記電動機加速トルク制  
25 御手段の出力信号であるトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  との和であるトルク指令  $T_{RFM}$  に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する電動機トルク制御手段とを備えたことを特徴としている。

この本発明の第 1 の発明によれば、特許文献 1 の方法に挙げた図 5 の制御プロ

ックにおいて、ねじり振動抑制制御部の電動機の検出速度を微分した値に、電動機部の慣性時定数を乗じた値として得られた電動機の加速トルク信号 $T_{MAFB}$ に、本発明による図1に示すような、慣性制御器29にて比例ゲイン $G_2$ を乗じた信号を、駆動系の共振周波数の周波数帯域のみを通過させる2次又は1次のハイパスフィルタ $H_{PF}$ と、ローパスフィルタ $L_{PF}$ で構成したバンドパスフィルタを介して慣性制御信号 $T_{MJC}$ を出力する。その慣性制御信号 $T_{MJC}$ を速度制御器11の出力であるトルク指令 $T_{RFA}$ から減じたトルク指令信号を、従来技術のねじり振動抑制制御部28へ入力して制御することにより、従来技術の方法による電動機の脈動トルクと負荷トルクを推定し、その推定信号により電動機の外乱トルクを打消すように補償する制御機能に加えて、本発明では、駆動系の共振周波数帯域において、電動機部の慣性が制御上等価的に $(1 + G_2)$ 倍となって作用して、共振周波数帯域の周波数成分を有するトルク脈動や、負荷トルク変動に対する負荷速度や加速度の変動や駆動トルクの変動が、従来技術の方法よりも、更に、小さく抑制制御することができる。

また、本発明の第2の発明によれば、第1の発明では慣性制御器29の比例ゲイン $G_2$ は正の値に設定して、電動機部の慣性を等価的に $(1 + G_2)$ 倍に拡大して制御したのに対して、慣性制御器29の比例ゲイン $G_2$ を0から-1までの範囲の負の値に設定して用いることにより、電動機部の慣性を機械系に適した慣性の大きさに合わせて制御することにより制御の安定性を向上させることができる。

この本発明の電動機部の慣性を等価的に拡大又は縮小して制御する原理については、説明を簡潔にするために、従来技術の図5において、電動機の平均速度演算器23による信号遅れと、電動機のトルク制御部17の制御遅れを無視して省略した制御ブロックを図6に示す。図6において、電動機部の慣性時定数 $\tau_M$ に2次又は1次のローパスフィルタ関数 $L_{PF}$ とハイパスフィルタ関数 $H_{PF}$ と、比例ゲイン $G_2$ により構成した関数 $(1 + G_2 L_{PF} H_{PF})$ を乗じて構成したブロック図を図3に示す。図3は、このローパスフィルタ $L_{PF}$ とハイパスフィルタ $H_{PF}$ を減衰少なく通過する周波数帯域の電動機加速トルク信号 $T_{MAFB}$ の信号成分に対しては、電動機の慣性時定数が $(1 + G_2 L_{PF} H_{PF})$ 倍、即ち、約 $(1 + G_2)$ 倍となること

を示しているブロック図である。

この図 3 と、本発明の制御方法を示す図 2 とは等価であることを説明する。

先ず、図 3 のブロック図において、速度制御器 11 より出力される電動機加速トルク指令  $T_{RA}$ 、駆動軸トルク  $T_L$ 、電動機脈動トルク  $T_{RP}$  を用いた電動機速度

5  $N_M$ に関する方程式を次式に示す。

$$\left\{ T_{\text{RFA}} + [T_{\text{RFA}} - (1 + G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}}) \tau_M \text{SN}_M] G_1 \left( \frac{1 + \tau_{\text{LI}} S}{\tau_{\text{LI}} S} \right) - (T_{\text{LI}} + T_{\text{RP}}) \right\} = (1 + G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}}) \tau_M \text{SN}_M \quad \dots (1)$$

(1) 式の右辺の、 $G_2 L_{PF} H_{PF}$ 、を含む項を左辺に移行して整理すると次式が得られる。

$$\left\{ T_{\text{RFA}} - G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}} \tau_{\text{M}} \text{SN}_{\text{M}} + [T_{\text{RFA}} - (1 + G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}}) \tau_{\text{M}} \text{SN}_{\text{M}}] G_1 \left( \frac{1 + \tau_{\text{Li}} S}{\tau_{\text{Li}} S} \right) - (T_{\text{L1}} + T_{\text{RP}}) \right\} \left( \frac{1}{\tau_{\text{M}} S} \right) = N_{\text{M}} \quad \dots \quad (2)$$

10 一方、本発明の制御方法を示す図2のブロック図においては、図3のブロック図と同じように、電動機速度 $N_m$ に関する方程式を立てると次式になる。

$$\left\{ T_{\text{RFA}} - G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}} \tau_{\text{M}} \text{SN}_{\text{M}} + [T_{\text{RFA}} - (1 + G_2 L_{\text{PF}} H_{\text{PF}}) \tau_{\text{M}} \text{SN}_{\text{M}}] G_1 \left( \frac{1 + \tau_{\text{L1}} S}{\tau_{\text{L1}} S} \right) - (T_{\text{L1}} + T_{\text{RP}}) \right\} \left( \frac{1}{\tau_{\text{M}} S} \right) = N_{\text{M}} \quad \dots \quad (3)$$

(2) 式と (3) 式は、全く同一式であり、従って本発明の制御方法を示す図 2 のブロックと図 3 のブロックは等価である。従って、本発明を適用することにより、先のローパスフィルタ  $L_{pf}$  とハイパスフィルタ  $H_{pf}$  を減衰が少なく通過する周波数帯域の周波数成分の電動機脈動トルクや、負荷変動トルクに対しては、電動機の慣性が約  $(1 + G_c)$  倍となるように制御することができる。

＜図面の簡単な説明＞

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電動機速度制御系のねじり振動抑制



装置のブロック図である。

図 2 は、図 1 に示す装置の制御概念を示す制御ブロック図である。

図 3 は、図 2 に示す制御ブロックの制御原理を示す図である。

図 4 は、従来の可変速駆動装置の構成図である。

5 図 5 は、図 4 に示す装置のブロック図である。

図 6 は、図 5 に示すブロックの制御概念を示す制御ブロック図である。

なお、図中の符号は以下のとおりである。

- 1 可変速制御装置、
- 2 電動機、
- 10 3 電動機速度検出器、
- 4 駆動軸、
- 5 負荷機械、
- 10 10 速度指令器、
- 11 速度制御器、
- 15 12 電動機部の慣性を表すブロック、
- 13 駆動軸の剛性を表すブロック、
- 14 負荷の慣性を表すブロック、
- 15 15 負荷トルクを表すブロック、
- 17 電動機トルク制御部、
- 20 23 電動機平均速度演算器、
- 24 電動機加速トルク演算器、
- 25 25 電動機加速トルク制御器、
- 28 ねじり振動抑制制御部、
- 29 慣性制御器、
- 25 30 振動抑制制御部。

<発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る電動機速度制御系のねじり振動抑制装置のブロック図である。

図 2 は図 1 に示す装置の制御概念を示す制御ブロック図である。

図 3 は図 2 に示す制御概念を示す制御ブロックの制御原理を示す図である。

- 5 図 1 において、29 は慣性制御器であり、比例ゲイン  $G_2$  と、ローパスフィルタ  $L_{PF}$  と、ハイパスフィルタ  $H_{PF}$  で構成されている。そして、ねじり振動抑制制御部 28 と慣性制御器 29 により振動抑制制御部 30 を構成している。

なお、その他の図 5 に示す従来図と同一構成には同一符号を付して、構成上の重複する説明は省略する。

- 10 つぎに動作について説明する。

図 2 は図 1 に示したねじり振動抑制装置より電動機の平均速度演算器 23 と、トルク制御部 17 を無視できるとして削除した制御ブロック図であり、先ず、従来技術と同様な演算方法により演算された一定周期毎の電動機平均速度を  $N_{MAVG}$  として、速度制御器 11 の動作について説明する。

- 15 速度指令  $N_{REF}$  と電動機平均速度  $N_{MAVG}$  と、その偏差を速度制御器 11 に入力すると、その速度偏差信号に比例ゲイン  $A$  を乗じた信号と、更に、その信号を時定数  $\tau_1$  にて積分した信号とを加えた信号をトルク指令信号  $T_{RFA}$  として出力する。速度制御器 11 が比例ゲイン  $A$  のみを持つ場合は、その速度偏差信号に  $A$  を乗じた信号を  $T_{RFA}$  として出力する。

- 20 次に、電動機加速トルク演算器 24 の動作については、一定周期毎の電動機平均速度  $N_{MAVG}$  が、電動機加速トルク演算器 24 へ入力すると、 $N_{MAVG}$  を微分した値に電動機の慣性時定数  $\tau_M$  を乗じた値の信号  $T_{MAFB}$  を出力する。この信号  $T_{MAFB}$  は電動機の加速トルク信号となる。

- 次に、慣性制御器 29 は、電動機加速トルク演算器 24 の出力信号である電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  に、比例ゲイン  $G_2$  を乗じた信号を 2 次又は 1 次のローパスフィルタ  $L_{PF}$  と、2 次又は 1 次のハイパスフィルタ  $H_{PF}$  を介して慣性制御信号  $T_{MJC}$  を出力する。

速度制御器 11 の出力信号  $T_{RFA}$  より、慣性制御信号  $T_{MJC}$  を減じた信号を、電動

機加速トルク指令信号  $T_{RFAX}$  として、その電動機加速トルク指令信号  $T_{RFAX}$  を、従来技術の方法によるねじり振動抑制制御部 28 へ入力する。

次に、電動機加速トルク制御器 25 の動作については、電動機加速トルク指令信号  $T_{RFAX}$  に対して、電動機加速トルク演算器 24 の出力信号  $T_{MAFB}$  を電動機の加速トルク信号として帰還し、その 2 つの信号の偏差を電動機加速トルク制御器 25 に入力すると、その電動機加速トルク制御器 25 は、その 2 つの信号偏差の信号に比例ゲイン  $G_1$  を乗じた信号とその信号を時定数  $\tau_{L1}$  にて積分して得られた信号を加えた信号  $T_{RFL}$  を出力し、電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  が、速度制御器 11 の出力のトルク指令信号  $T_{RFA}$  に一致するように制御する。

- 10 電動機加速トルク指令  $T_{RFAX}$  と電動機加速トルク制御器 25 の出力信号  $T_{RFL}$  を加えた信号をトルク指令  $T_{RFM}$  として、電動機のトルク制御を行うことにより電動機の加速トルクの外乱となっている負荷トルク  $T_{L1}$  に対しては、電動機加速トルク制御器 25 の出力のトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  によって打消す方向に制御されると共に、共振周波数付近の周波数成分の電動機脈動トルクや負荷の変動トルクに  
15 対しては、電動機部の慣性を制御上等価的に比例ゲイン  $G_2$  によって約  $(1 + G_2)$  倍に拡大するように作用して、加振源となっている電動機脈動トルクや負荷の周期的な変動トルクの影響を軽減し、負荷の速度や加速度の変動や駆動軸トルク変動が抑制される。この電動機の慣性を等価的に  $(1 + G_2)$  倍に拡大する原理については、先に説明したように、従来技術の図 6 に、電動機部の慣性時定数  $\tau_M$  に  
20  $L_{PF}$  と  $H_{PF}$  と比例ゲイン  $G_2$  により構成した関数  $(1 + G_2 L_{PF} H_{PF})$  を乗じて構成した図 3 のブロックと、図 2 のブロックとが等価であって、本発明では図 2 のように電動機の慣性が約  $(1 + G_2)$  倍になるように制御可能である。

次に、本発明の第 2 の実施の形態について図を参照して説明する。

- 25 各図については第 1 の実施の形態と、第 2 の実施の形態とは共通であり、第 2 の実施の形態における制御構成は、図 1 と全く同じである。

先に説明したように、図 3 に示すブロックにおいて、電動機速度  $N_M$  に関する式は、(2) 式で表すことが可能であり、一方、図 2 のブロックにおける、電動機速

度 $N_{\text{M}}$ に関する式は、(3)式で表すことができる。この(2)式と(3)式は全く同一なので、図1に示す本発明の慣性制御器29を設けたブロックは、電動機の慣性が約 $(1 + G_2)$ 倍となるように制御することができる。

この原理によって、第1の実施の形態では慣性制御器29の比例ゲイン $G_2$ は正の値に設定して、電動機部の慣性を等価的に約 $(1 + G_2)$ 倍に拡大して制御したのに対して、第2の実施の形態では、慣性制御器29の比例ゲイン $G_2$ を、0～-1、までの範囲の負の値を設定して用いることにより、電動機部の慣性を等価的に約 $(1 + G_2)$ 倍に縮小して制御して、電動機部の慣性を機械系に適した慣性の大きさに合わせて制御するものである。

以上説明したように、本発明の第1の発明によれば、従来技術による特許文献1の制御方法に、本発明の電動機の慣性を等価的に大きくして制御する慣性制御手段を付加したことにより、従来技術である電動機の外乱トルクを推定し、打消すように制御する効果を維持した上で、更に、電動機の慣性を等価的に大きくして制御する効果が加わって電動機の脈動トルクや負荷の周期的なトルク変動による負荷の速度や加速度の微弱な変動や、駆動軸トルクの微弱な変動を従来技術の制御方法より更に抑制する効果がある。

また、第2の発明によれば、慣性制御器の比例ゲイン $G_2$ を、0～-1までの範囲で負の値に設定して用いることにより、電動機部の慣性を等価的に約 $(1 + G_2)$ 倍に縮小して制御することにより、電動機部の慣性を機械系に適した慣性の大きさに合わせて制御することにより制御の安定性が向上する効果がある。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2002年12月02出願の日本特許出願(特願2002-349879)に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

### <産業上の利用可能性>

- このように本発明によって制御の幅が拡張され、振動抑制効果が高まるので、負荷の速度や加速度に微弱な周期的な変動の発生も許容されないような設備、例えば、エレベータのかごの加速度振動や、印刷機の印刷ロールの周期的な速度変動などの微弱な変動に対しても、十分な抑制効果が得られものである。
- 5

## 請 求 の 範 囲

1. 電動機の負荷側に設けた低ねじり剛性の駆動軸を介して電動機から負荷へ駆動トルクを伝達する機構と、速度指令 $N_{REF}$ に対して速度検出器より検出した電動機速度検出信号について一定周期毎の平均値の演算によって得られた電動機平均速度 $N_{MVG}$ を帰還して偏差信号を演算し、比例ゲイン及び積分器又は比例ゲインのみを持つ速度制御器により前記偏差信号を増幅して得られたトルク指令信号 $T_{RFA}$ に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する制御装置によって構成された電動機速度制御系におけるねじり振動抑制制御方法において、

前記速度制御器により出力される前記トルク指令信号 $T_{RFA}$ に対し、前記電動機平均速度信号 $N_{MVG}$ を微分した信号に電動機部の慣性時定数 $\tau_M$ を乗じた信号を電動機加速トルク信号 $T_{MAFB}$ として慣性制御器に入力し、

前記慣性制御器は前記電動機加速トルク $T_{MAFB}$ に比例ゲインを乗じた後に2次又は1次のローパスフィルタと2次又は1次のハイパスフィルタを介して慣性制御信号 $T_{MJC}$ として出力して、前記速度制御器より出力されたトルク指令信号 $T_{RFA}$ より前記慣性制御信号 $T_{MJC}$ を減じた電動機加速トルク指令 $T_{RFAX}$ に対し前記電動機加速トルク信号 $T_{MAFB}$ を帰還し、その偏差の信号を比例ゲイン及び積分器にて構成された電動機加速トルク制御器により増幅し得られたトルク補償信号 $T_{RFL}$ を前記加速トルク指令 $T_{RFAX}$ に加えた信号 $T_{RFM}$ に従った電動機トルクになるように電動機の電流を制御することによって、前記速度制御器により出力されるトルク指令信号 $T_{RFA}$ と前記電動機加速トルク帰還信号 $T_{MAFB}$ が一致するように演算され出力されたトルク補償信号 $T_{RFL}$ により電動機負荷トルクを打消すように制御すると共に、電動機部の慣性を等価的に拡大して制御することを特徴とする電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法。

2. 請求項1記載の電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法において、

前記慣性制御器の比例ゲインを 0 から -1 までの範囲で負の値に設定することにより電動機部の慣性を等価的に縮小して制御することを特徴とする電動機速度制御系におけるねじり振動抑制方法。

- 5            3.    電動機速度を検出する速度検出手段と、電動機の負荷側に設けた低ねじり剛性の駆動軸を介して電動機から負荷へ駆動トルクを伝達する機構と、速度指令  $N_{REF}$  に対して速度検出器より検出した電動機速度検出信号について一定周期毎の平均値の演算によって得られた電動機平均速度  $N_{MAVG}$  を帰還して偏差信号を演算し、比例ゲイン及び積分器又は比例ゲインのみを持つ速度制御手段により前記偏差信号を増幅して得られたトルク指令信号  $T_{RFA}$  に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する制御装置とによって構成された電動機制御装置において、

- 15            前記電動機平均速度信号  $N_{MAVG}$  を微分した信号に電動機部の慣性時定数  $\tau_M$  を乗じた電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  から慣性制御器によって慣性制御信号  $T_{MJC}$  を演算出力する慣性制御手段と、

前記速度制御手段の出力信号であるトルク指令信号  $T_{RFA}$  から前記電動機慣性制御信号  $T_{MJC}$  を減じた信号  $T_{RFAX}$  と前記電動機加速トルク信号  $T_{MAFB}$  との偏差信号からトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  を演算する比例ゲイン及び積分器を持つ電動機加速トルク制御手段と、

- 20            前記速度制御手段の出力信号であるトルク指令信号  $T_{RFA}$  と前記電動機加速トルク制御手段の出力信号であるトルク指令補償信号  $T_{RFL}$  との和であるトルク指令  $T_{RPM}$  に従った電動機トルクとなるように電動機の電流を制御する電動機トルク制御手段とを備えたことを特徴とする電動機速度制御系における電動機制御装置。





図 2

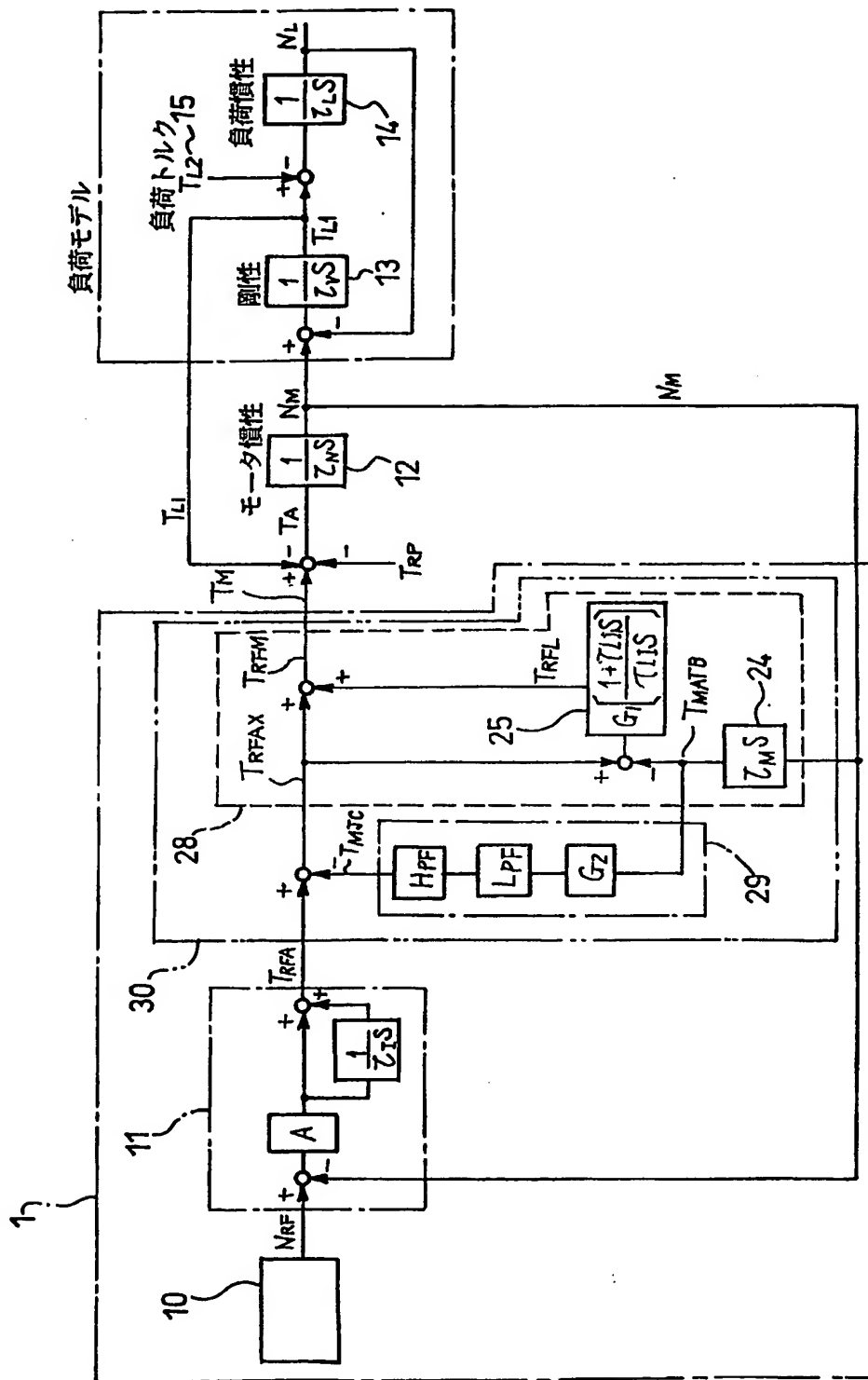


図 3

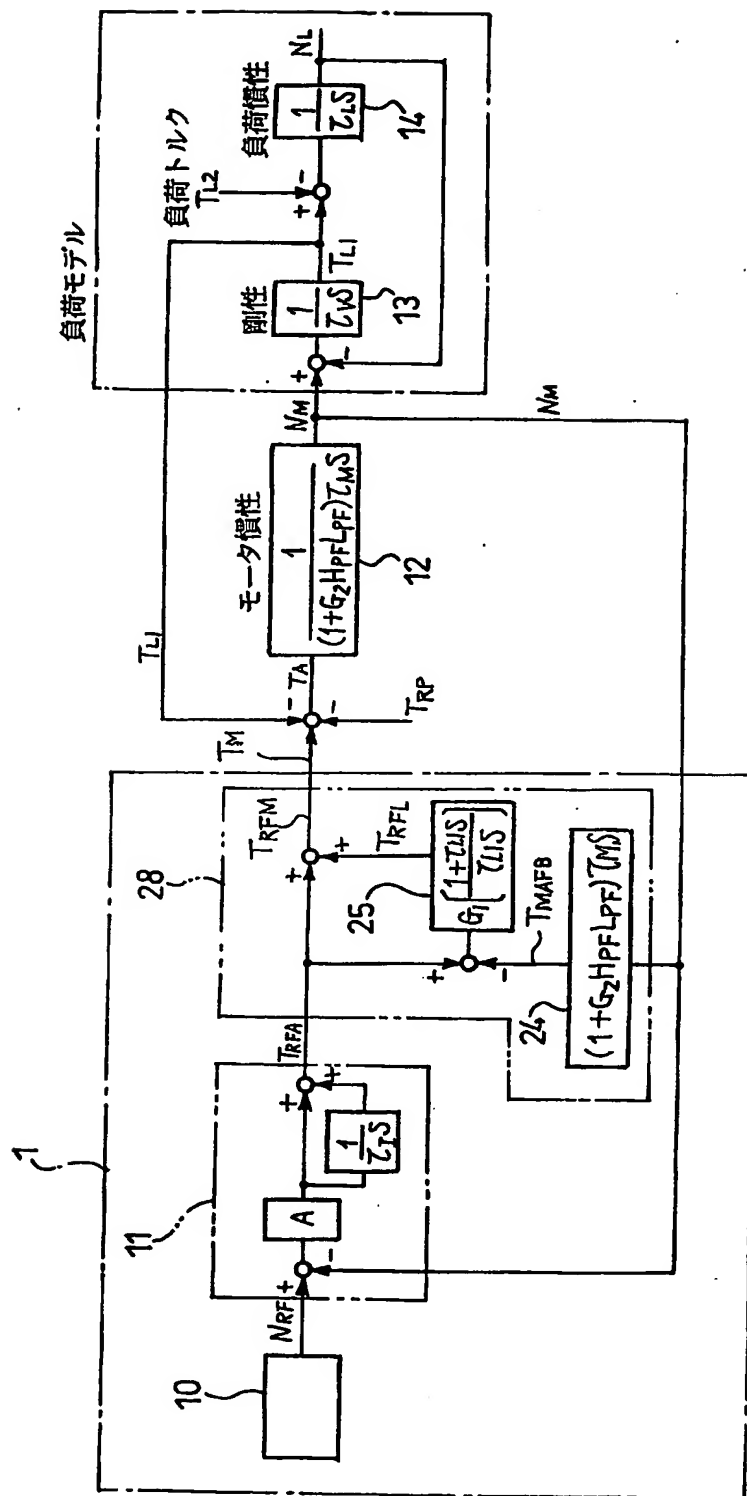


図 4

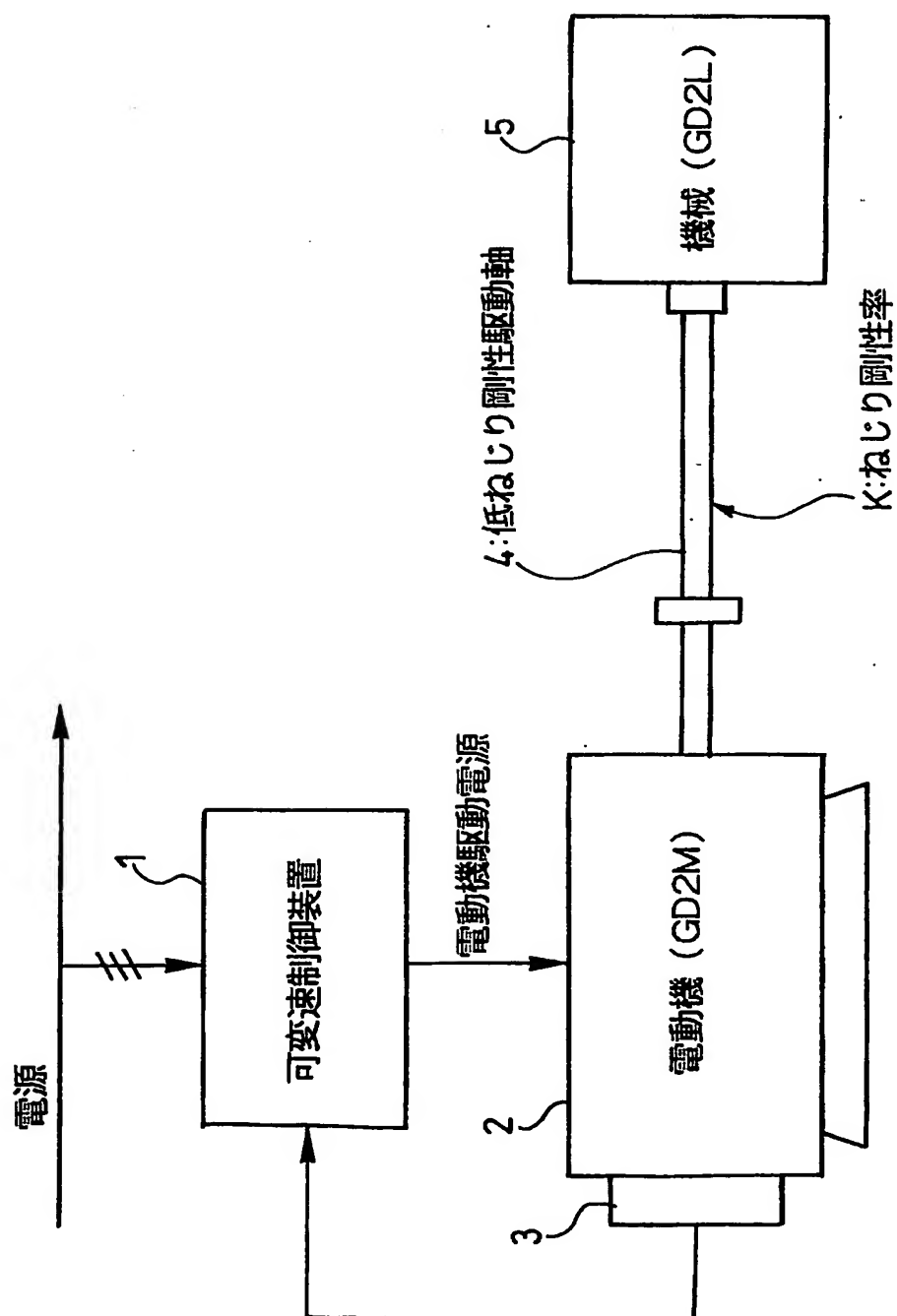


図 5

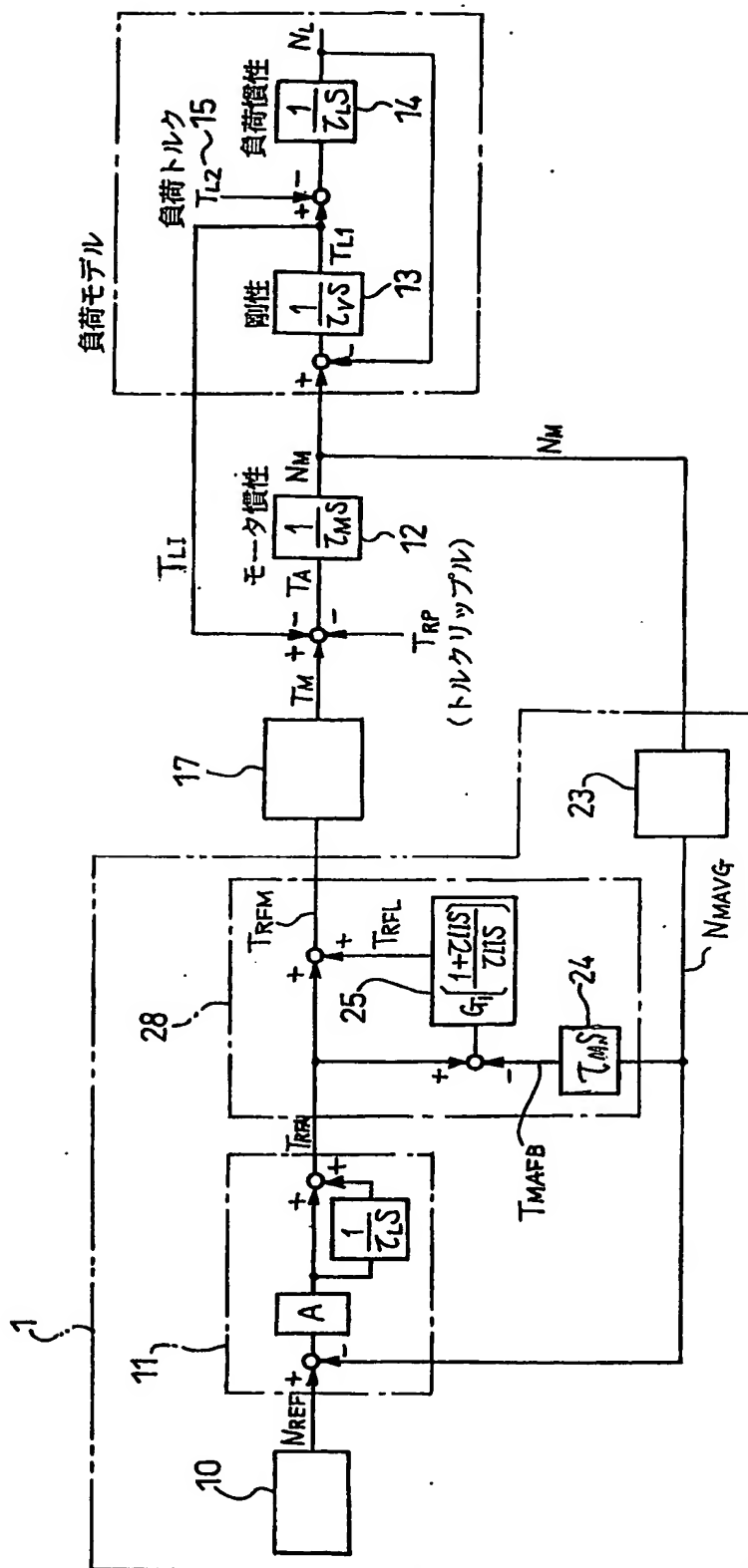
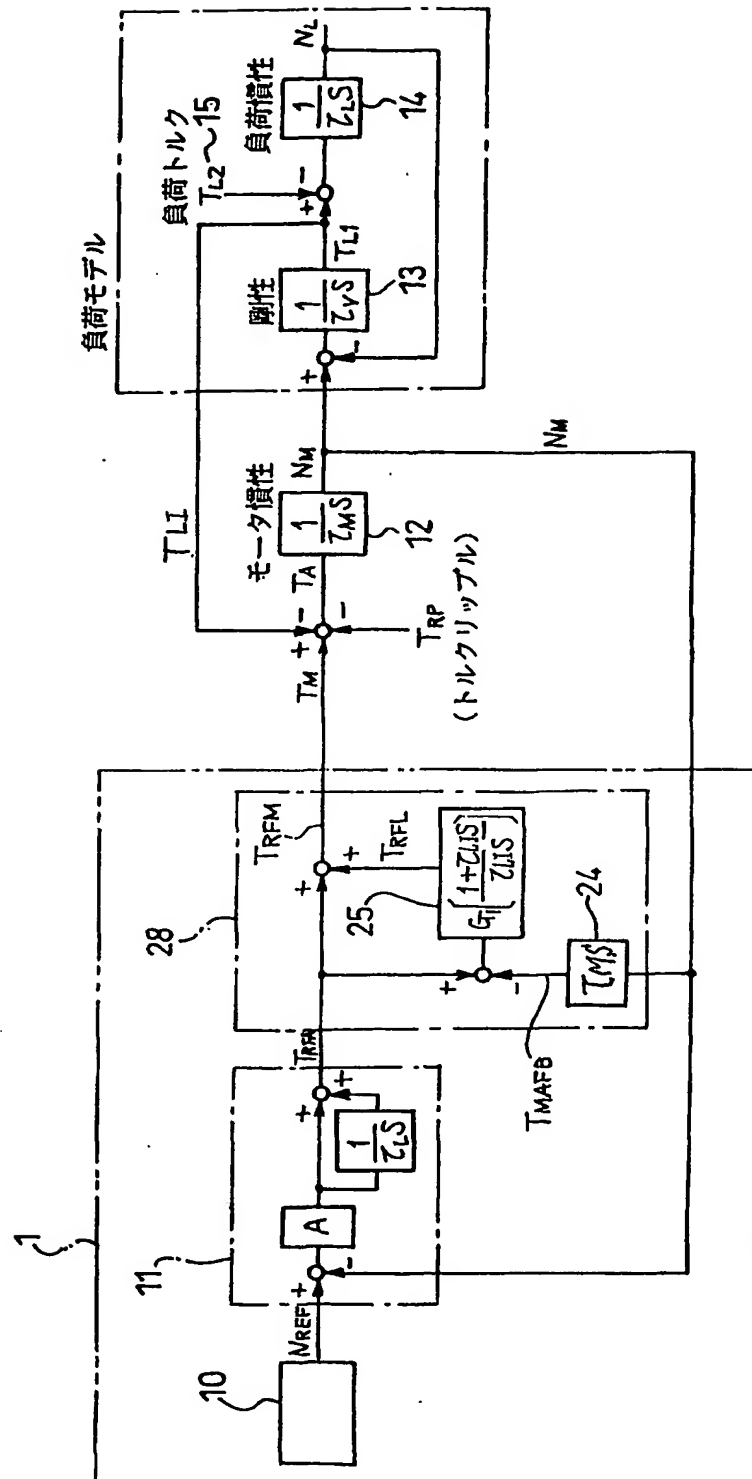


図 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15024

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02P5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H02P5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3173007 B2 (Yaskawa Electric Corp.), 04 June, 2001 (04.06.01), (Family: none)	1-3
A	JP 8-168281 A (Yaskawa Electric Corp.), 25 June, 1996 (25.06.96), (Family: none)	1-3
A	JP 9-121580 A (Meidensha Corp.), 06 May, 1997 (06.05.97), (Family: none)	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
06 January, 2004 (06.01.04)

Date of mailing of the international search report  
20 January, 2004 (20.01.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H02P 5/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H02P 5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 3173007 B2 (株式会社安川電機) 2001.06.04 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 8-168281 A (株式会社安川電機) 1996.06.25 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 9-121580 A (株式会社明電舎) 1997.05.06 (ファミリーなし)	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文獻

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.01.04

国際調査報告の発送日

20.1.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川端 修

3V

8718

電話番号 03-3581-1101 内線 3356